

## **ВИДЫ ДЕФЕКТОВ И РАСЧЕТ УЩЕРБОВ ОТ ОТКАЗОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ НА БЛОКАХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Шевченко В.В.**

Национальный технический университет «ХПИ» (г. Харьков),  
к.т.н., доц., профессор кафедры электрических машин (ID 6022921)

**Кононова Т.Г.**

Харьковский машиностроительный колледж (г. Харьков),  
преподаватель дисциплин цикловой комиссии «Электромеханика  
и технологии сварочного производства» высшей категории

Определение технологических и эксплуатационных рисков отказов электрооборудования (ЭО) в энергосистеме обычно определяется по статистическим данным, т.к. выполнение лабораторных исследований такого оборудования на макетах невозможно, а количество установленных ТГ на блоках недостаточно для образования статистически однородной выборки, что ведет к значительной неточности результатов. Также необходимо учитывать рыночные показатели: цена, конъюнктура, конкурентоспособность и т.д.

Оценка возможных рисков в мировой практике турбогенераторостроения выполняется на базе анализа статистических данных по эксплуатации ЭО тепловых электростанций (ТЭС и АЭС). Для своевременного предупреждения появления и развития дефектов турбогенераторов (ТГ) необходимо по статистической выборке установить типичные дефекты, т.е. дефекты, которые встречаются наиболее часто в машинах одного или даже разного типа, но которые имеют подобные конструкции и работают в аналогичных условиях эксплуатации. Определение типичных дефектов важно потому, что знание их перечня позволит большее внимание уделять «точкам риска» – местам наиболее вероятного появления дефекта. Это позволит принимать меры на

этапе зарождения дефекта, точнее оценить его опасность и скорость развития, необходимость и оперативность выполнения остановки ТГ [1,2]. С другой стороны, знание типичных дефектов, умение оценить их опасность и точнее прогнозировать их развитие позволит исключить необоснованные остановки ТГ, сократит время их простоев и объемы недовыработки электроэнергии, т.к. не все дефекты ТГ приводят к отказам.

Оценка опасности возникновения дефектов должна вестись не только эмпирически, но с выполнением численных, пусть даже приблизительных, расчетов. Например, возможно численное определение времени удельного простоя ТГ (часы/(ТГ в год)). Тогда риск проявления дефекта ( $D$ ) может быть определен, как произведение вероятности появления дефекта ( $B$ ) на усредненную величину ущерба ( $U$ ) от его появления:  $D=B*U$  [3]. Кроме того, знание вероятности появления дефекта в отдельных узлах ТГ и знание общего количества дефектонапряженных узлов для конкретной машины позволит определить (или поставит вопрос необходимости определения) целесообразности проведения ремонтов данного оборудования. Можно утверждать, что если отношение количества установленных дефектов к общему числу возможных дефектов превышает 50 %, то выполнение ремонтов для данного ТГ нецелесообразно; и необходимо ставить вопрос о более точном расчете степени износа и, что наиболее вероятно, о полной или поузловой замене ТГ.

Типичные дефекты следует устанавливать с учетом способа охлаждения ТГ, как наиболее важного фактора, характеризующего особенности конструкции и возникающих дефектов. Так для ТГ с полным водородным охлаждением или с охлаждением водородом внутреннего объема и ротора наибольшую опасность представляют повреждения масляных уплотнений валов в местах их выхода из щитов, приводящие к выбросу водорода в машинный зал. В ТГ со всеми типами охлаждения к типичным дефектам можно отнести нарушения креплений лобовых частей обмотки статора, появление трещин в паяных соединениях головок лобовых частей, в медных

соединительных трубках подачи воды в обмотку статора, нарушения крепления обмотки статора в пазах, неплотности полых проводников, обрыв болтов крепления сливного коллектора и формирование трещин в сварных швах напорного и сливного коллекторов. Также типичными дефектами являются нарушения прессовки и «распушивание» крайних пакетов сердечников статоров, повреждения систем охлаждения обмоток статоров ТГ и собственно газоохладителей, износ контактных колец, нарушения в щеточных аппаратах, дефекты балансировки роторов и связанные с этим повреждения, технологические и эксплуатационные дефекты изоляций обмоток [2,4].

Эти дефекты представляют большую опасность, т.к. приводят к серьезным авариям, пожарам и взрывам, к длительным вынужденным простоям (до года и более), к разрушениям ТГ и машинных залов, к возможным жертвам, к значительным материальным потерям из-за недовыработки электроэнергии.

В табл. 1 представлены данные об ущербах из-за различных видов отказов ТГ мощностью 220, 350, 800 и 1000 МВт с водородно-водяным охлаждением, определенные по суммарной недовыработке электроэнергии. (Результаты собраны на электростанциях Украины и России за последние 12 лет, [3,4]).

Таблица 1

К вопросу оценки возможного ущерба (риска) от различных видов отказов турбогенераторов

Тип и мощность ТГ, МВт	Средняя частота отказов ТГ, 1/(ТГ в год)	Продолжительность среднего простоя на один отказ ТГ, час	Удельный простой, часы/(ТГ в год)	Удельная недовыработка электроэнергии, 10 <sup>6</sup> (кВт час) / (ТГ в год)
ТВВ-1000-2	0,35	46,8	15,4	15,4
ТВВ-800-2	0,36	47,3	16,8	13,2
ТГВ-350-2	0,41	45,0	18,4	9,2
ТГВ-220-2	0,57	65,0	37,0	8,2

Согласно выполненной оценке вероятности появления дефектов ТГ и установления мест их формирования, можно определить основные направления

работ по их своевременному выявлению и по предупреждению отказов (аварийных остановок) ТГ:

1) необходимо совершенствовать технологию и расширять программу испытаний ТГ на этапе изготовления, обеспечивать высокое качество ремонтов при сервисном обслуживании ТГ на станциях;

2) следует использовать системы *on-line* контроля состояния ТГ на блоках электростанций, дополнительные системы защиты от ненормальных режимов, своевременно заменять изношенные узлы и детали. При замене элементов ТГ следует использовать детали усовершенствованной конструкции [1,3];

3) Министерству энергетики и угольной промышленности Украины необходимо проводить корректировку правил технической эксплуатации ТГ в соответствии с новыми достижениями в турбогенераторостроении: внедрять новые материалы, технологии, уточненные методики расчетов.

Обязательным показателем любых инноваций в создании современных ТГ должна быть допустимость объемов экономических вложений, обеспечение снижения издержек и быстрая окупаемость вложений на их внедрение.

### **Список литературы:**

1. Шевченко В.В. Модернизация конструкций отечественных турбогенераторов с учетом требований поддержания их конкурентоспособности /В.В. Шевченко // Харків: НТУ «ХП». – Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 38(1081). – С. 146-155.

2. Шумилов Ю.А. Вибродиагностика как составляющая мониторинга технического состояния силовых агрегатов / Ю. А. Шумилов, Б. М. Демидюк, А. В. Штогрин // Київ: Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2008. – Вип. 19. – С. 76-80.

3. Шевченко В.В. Способы предупреждения развития дефектов элементов конструкций турбогенераторов / В.В. Шевченко // Мариуполь: Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2016. – Вып. 32. – С. 172-180.

4. Голоднова О. С. Анализ и мероприятия по предупреждению повреждений сердечников статоров турбогенераторов / О. С. Голоднова, Г. В. Ростик // С.-Пб.: Электросила. – 2004. – № 43. – С. 56-64.

*Інші професійні науки (технічні)*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ**

**Шевченко В.В.**

Национальный технический университет «ХПИ» (г. Харьков)  
к.т.н., доц., профессор кафедры электрических машин, (ID 6022921)

**Петренко Н.Я.**

Национальный технический университет «ХПИ» (г. Харьков)  
к.т.н., доц., доцент кафедры электрических машин

Основой энергокомплекса Украины, как и многих энергонагруженных стран, является и, по нашему мнению, достаточно долго останется атомная энергетика. Однако в технических публикациях, статьях, интернет-сайтах, в официальных документах, посвященных основным направлениям развития электроэнергетики страны максимальное внимание уделяется получению энергии от возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В Украине принята программа Энергетической стратегии, в которой указано, что к 2020 году до 11% всей электроэнергии должны получать от ветро- и солнечных станций, а к 2035 году Украина должна получать от ВИЭ до 25% электроэнергии [1]. Но в 2018 г. доля энергии от ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии в Украине составляла 1,8% [1]. Поэтому предполагать, что энергетические установки, работающие от ВИЭ, даже если к их показателям добавить вклад от гидроэнергетики (в настоящее время это 7–8 %), смогут обеспечить электроэнергией такую энергонагруженную страну, как Украина, и обеспечат